

**PABRIK SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE
DARI ASAM PHOSPHATE DAN SODIUM CARBONATE
DENGAN PROSES GRAHAM'S**

PRA RENCANA PABRIK



Oleh :

**DIAS ASMORO PUTRA
073101 0002**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2012**

LEMBAR PENGESAHAN

PABRIK SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE DARI ASAM PHOSPHATE DAN SODIUM CARBONATE DENGAN PROSES GRAHAM'S

Oleh :

**DIAS ASMORO PUTRA
073101 0002**

Disetujui untuk diajukan dalam ujian lisan

Dosen Pembimbing,

Ir. DWI HERY ASTUTI, MT

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan dengan segala rahmat serta karuniaNya sehingga penyusun telah dapat menyelesaikan Tugas Akhir “Pra Rencana Pabrik Sodium Hexametaphosphate Dari Asam Phosphate Dan Sodium Carbonate Dengan Proses Graham’s”, dimana Tugas Akhir ini merupakan tugas yang diberikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan kesarjana di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional Surabaya.

Tugas Akhir “Pra Rencana Pabrik Sodium Hexametaphosphate Dari Asam Phosphate Dan Sodium Carbonate Dengan Proses Graham’s” ini disusun berdasarkan pada beberapa sumber yang berasal dari beberapa literatur , data-data , majalah kimia, dan internet.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih atas segala bantuan baik berupa saran, sarana maupun prasarana sampai tersusunnya Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Sutiyono, MT
Selaku Dekan FTI UPN “Veteran” Jawa Timur
2. Ibu Ir. Retno Dewati, MT
Selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, FTI,UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Ir. Dwi Hery Astuti, MT
Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.

4. Dosen Program Studi Teknik Kimia , FTI , UPN “Veteran” Jawa Timur.
5. Seluruh Civitas Akademik Program Studi Teknik Kimia , FTI , UPN “Veteran” Jawa Timur.
6. Kedua orangtua kami yang selalu mendoakan kami.
7. Semua pihak yang telah membantu , memberikan bantuan, saran serta dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, karena itu segala kritik dan saran yang membangun kami harapkan dalam sempurnanya tugas akhir ini.

Sebagai akhir kata, penyusun mengharapkan semoga Tugas Akhir yang telah disusun ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya , Februari 2012

Penyusun,

INTISARI

Perencanaan pabrik sodium hexametaphosphate ini diharapkan dapat berproduksi dengan kapasitas 20.000 ton sodium hexametaphosphate/tahun dalam bentuk padat. Pabrik beroperasi secara kontinyu berjalan selama 24 jam tiap hari dan 330 hari kerja dalam setahun.

Sodium phosphate merupakan garam dari unsur alkali (sodium) dan senyawa asam phosphate. Sodium phosphate secara umum digunakan pada industri makanan, dimana sodium phosphate berfungsi sebagai bahan tambahan agar tidak terjadi proses pemisahan minyak dari makanan. Secara singkat, uraian proses dari pabrik sodium hexametaphosphate sebagai berikut :

Pertama-tama sodium carbonate encer direaksikan dengan asam phosphate membentuk disodium phosphate dan kemudian direaksikan kembali dengan asam phosphate sehingga didapat mono sodium phosphate. Mono sodium phosphate kemudian dievaporasi, dikristalisasi dan dikeringkan, untuk kemudian dikalsinasi menjadi sodium hexametaphosphate pada rotary kiln sebagai produk akhir.

Pendirian pabrik berlokasi di Manyar, Gresik dengan ketentuan :

Bentuk Perusahaan	: Perseroan Terbatas
Sistem Organisasi	: Garis dan Staff
Jumlah Karyawan	: 222 orang
Sistem Operasi	: Kontinyu
Waktu Operasi	: 330 hari/tahun ; 24 jam/hari

Analisa Ekonomi :

* Massa Konstruksi	: 2 Tahun
* Umur Pabrik	: 10 Tahun
* Fixed Capital Investment (FCI)	: Rp. 31.981.815.000
* Working Capital Investment (WCI)	: Rp. 8.867.886.000
* Total Capital Investment (TCI)	: Rp. 40.849.701.000
* Biaya Bahan Baku (1 tahun)	: Rp. 73.615.533.000
* Biaya Utilitas (1 tahun)	: Rp. 12.854.242.000
- Steam	= 499.296 lb/hari
- Air pendingin	= 318 M ³ /hari
- Listrik	= 10.728 kWh/hari
- Bahan Bakar	= 4.080 liter/hari
* Biaya Produksi Total (Total Production Cost)	: Rp. 100.373.380.000
* Hasil Penjualan Produk (Sale Income)	: Rp. 130.496.949.000
* Bunga Bank (Kredit Investasi Bank Mandiri)	: 13,5%
* Internal Rate of Return	: 29,03%
* Rate On Investment	: 27,00%
* Pay Out Periode	: 3,3 Tahun
* Break Even Point (BEP)	: 32%

DAFTAR TABEL

Tabel VII.1. Instrumentasi pada Pabrik	VII - 5
Tabel VII.2. Jenis Dan Jumlah Fire – Extinguisher	VII - 7
Tabel VIII.2.1. Baku mutu air baku harian	VIII-7
Tabel VIII.2.3. Karakteristik Air boiler dan Air pendingin	VIII-9
Tabel VIII.4.1. Kebutuhan Listrik Untuk Peralatan Proses Dan Utilitas	VIII-60
Tabel VIII.4.2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan Ruang Pabrik Dan Daerah Proses	VIII-62
Tabel IX.1. Pembagian Luas Pabrik	IX - 8
Tabel X.1. Jadwal Kerja Karyawan Proses	X - 11
Tabel X.2. Perincian Jumlah Tenaga Kerja	X - 13
Tabel XI.4.A. Hubungan kapasitas produksi dan biaya produksi ...	XI - 8
Tabel XI.4.B. Hubungan antara tahun konstruksi dengan modal sendiri	XI - 9
Tabel XI.4.C. Hubungan antara tahun konstruksi dengan modal pinjaman	XI - 9
Tabel XI.4.D. Tabel Cash Flow	XI - 10
Tabel XI.4.E. Pay Out Periode	XI - 14
Tabel XI.4.F. Perhitungan discounted cash flow rate of return	XI - 15

DAFTAR GAMBAR

Gambar IX.1 Lay Out Pabrik	IX - 9
Gambar IX.2 Peta Lokasi Pabrik	IX - 10
Gambar IX.3 Lay Out Peralatan Pabrik	IX - 11
Gambar X.1 Struktur Organisasi Perusahaan	X - 14
Gambar XI.1 Grafik BEP	XI - 17

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
INTISARI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I PENDAHULUAN	I – 1
BAB II SELEKSI DAN URAIAN PROSES	II – 1
BAB III NERACA MASSA	III – 1
BAB IV NERACA PANAS	IV – 1
BAB V SPESIFIKASI ALAT	V – 1
BAB VI PERENCANAAN ALAT UTAMA	VI – 1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	VII – 1
BAB VIII UTILITAS	VIII – 1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	IX – 1
BAB X ORGANISASI PERUSAHAAN	X – 1
BAB XI ANALISA EKONOMI	XI – 1
BAB XII PEMBAHASAN DAN KESIMPULAN	XII – 1
DAFTAR PUSTAKA	

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan produksi sodium hexametaphosphate dimulai dari tahun 1816, sejak pertama kali ditemukan garam phosphate oleh Berzelius. Pada tahun 1833, Thomas Graham telah menerbitkan hasil penelitiannya tentang sodium phosphate, yaitu apabila senyawa sodium phosphate dipanaskan, maka molekul air yang terikat pada kristal akan terpisah dan dihasilkn endapan kristal yang kemudian disebut garam sodium hexametaphosphate atau dikenal dengan nama Graham's Salt.

Sodium phosphate merupakan garam dari unsur alkali (sodium) dan senyawa asam phosphate. Sodium phosphate terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu : mono-sodium phosphate (NaH_2PO_4) , di-sodium phosphate (Na_2HPO_4), dan tri-sodium phosphate (Na_3PO_4). Sodium phosphate secara umum digunakan pada industri makanan , dimana sodium phosphate berfungsi sebagai bahan tambahan agar tidak terjadi proses pemisahan minyak dari makanan.

Sodium hexametaphosphate merupakan salah satu turunan dari sodium phosphate yang terbentuk dengan proses perengkahan sodium phosphate sehingga terpisahnya ikatan atom hydrogen (H^+) dan gugus hydroxyl (OH^-). Proses perengkahan sodium phosphate menjadi sodium hexametaphosphate memerlukan energi yang tinggi dengan disertai pendinginan mendadak agar tidak terjadi penguraian dari produk sodium hexametaphosphate yang terbentuk.

Industri sodium hexametaphosphate di Indonesia mempunyai perkembangan yang stabil, hal ini dapat dilihat dengan kegunaan sodium hexametaphosphate pada industri makanan, tekstil, kertas, pelunak air, dan lain sebagainya. Pendirian pabrik sodium hexametaphosphate di Indonesia mempunyai peluang investasi yang menjanjikan dan mempunyai profitabilitas yang tinggi.

I.2. Manfaat

Manfaat lebih lanjut dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat mengurangi impor sodium hexametaphosphate, sehingga Indonesia tidak mengimpor sodium hexametaphosphate. Dengan demikian dapat mendorong pertumbuhan industri-industri kimia, menciptakan lapangan pekerjaan, mengurangi pengangguran dan yang terakhir diharapkan dapat menumbuhkan serta memperkuat perekonomian di Indonesia. Kebutuhan sodium hexametaphosphate di Indonesia dipenuhi oleh beberapa negara pengimpor. Beberapa tahun ini, Indonesia masih membutuhkan sodium hexametaphosphate dari negara-negara penghasil sodium hexametaphosphate.

I.3. Aspek Ekonomi

Sodium hexametaphosphate sangat penting dalam industri makanan dimana sodium hexametaphosphate merupakan bahan tambahan yang mampu mengurangi kehilangan minyak dalam proses pengawetan makanan. Data kebutuhan dari BPS Surabaya tahun 2004-2008 terlihat pada table I.1, sehingga

kebutuhan pada tahun 2012 ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan dapat juga untuk orientasi ekspor, sehingga penentuan prediksi kapasitas produksi dapat direncanakan.

Tabel I.1. Data impor Sodium hexametaphosphate

Tahun	Kebutuhan (ton/th)	Produksi (ton/th)	Selisih (ton/th)
2004	39.200	16250	22.950
2005	39.200	20600	18.600
2006	39.200	21000	18.200
2007	39.200	21420	17.780
2008	30.900	23000	7.900

Sumber : Deperindag Surabaya

$$\text{Rata-rata selisih tiap tahun} = \frac{22.950 + 18.600 + 18.200 + 17.780 + 7.900}{5}$$

$$= 17.086 \text{ ton/th}$$

Kapasitas pabrik ini diambil kapasitas produksi terpasang : 20.000 ton/th

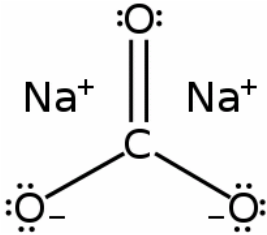
1 tahun 330 hari kerja dan 1 hari 24 jam proses.

Dengan demikian, maka penting sekali adanya perencanaan pendirian pabrik sodium hexametaphosphate di Indonesia.

I.4. Sifat Bahan Baku dan Produk

Bahan Baku :

I.4.A. Sodium Carbonate (Chemicaland21, Wikipedia, Perry 7^{ed})

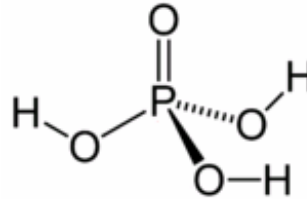
Nama Lain	: soda ash
Rumus Molekul	: Na ₂ CO ₃ (komponen utama)
Rumus Bangun	: 
Berat Molekul	: 106
Warna	: putih
Bau	: tidak berbau
Bentuk	: serbuk 100 mesh
Specific gravity	: 2,533
Melting point	: 851°C (1 atm)
Boiling point	: terdekomposisi diatas 851°C
Solubility, cold water	: 7,1 kg / 100 kg H ₂ O (H ₂ O=0°C)
Solubility, hot water	: 48,5 kg / 100 kg H ₂ O (H ₂ O=104°C)

Komposisi soda ash : (SREE Int. Indonesia)

Komponen	% Berat
Na ₂ CO ₃	99,70%
Impuritis	0,20%
H ₂ O	0,10%
	100,00%

I.4.A. Asam phosphate (Chemicaland21, Wikipedia, Perry 7^{ed})

Nama Lain : Phosphoric acid
Rumus Molekul : H_3PO_4 (komponen utama)
Rumus Bangun :

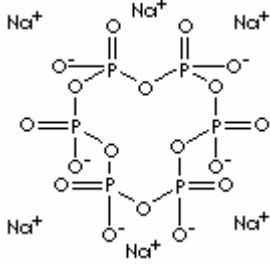


Berat Molekul : 98
Warna : tidak berwarna
Bau : berbau phosphor
Bentuk : liquidida pekat
Specific gravity : 98
Melting point : 42,35°C (1 atm)
Boiling point : terdekomposisi diatas 213°C
Solubility, cold water : sangat larut
Solubility, hot water : sangat larut

Komposisi asam phosphate : (PT. Petrokimia Gresik)

Komponen	% Berat
H_3PO_4	85,00%
H_2O	15,00%
	100,00%

Produk :**I.4.D. Sodium hexametaphosphate** (Chemicaland21, Wikipedia, Perry 7^{ed})

Nama Lain	: Graham's Salt, SHMP
Rumus Molekul	: $(\text{NaPO}_3)_6$ (komponen utama)
Rumus Bangun	: 
Berat Molekul	: 612
Warna	: putih
Bau	: tidak berbau
Bentuk	: serbuk 100 mesh
Specific gravity	: 2,45
Melting point	: 988°C
Boiling point	: -
Solubility, cold water	: 2,26 kg/100 kg H ₂ O (H ₂ O=0°C)
Solubility, hot water	: 45,0 kg/100 kg H ₂ O (H ₂ O=96°C)

Kadar produk : (Chemicaland21)

Kadar phosphate	= minimum 68%
Kadar air dalam produk	= maksimum 0,05%

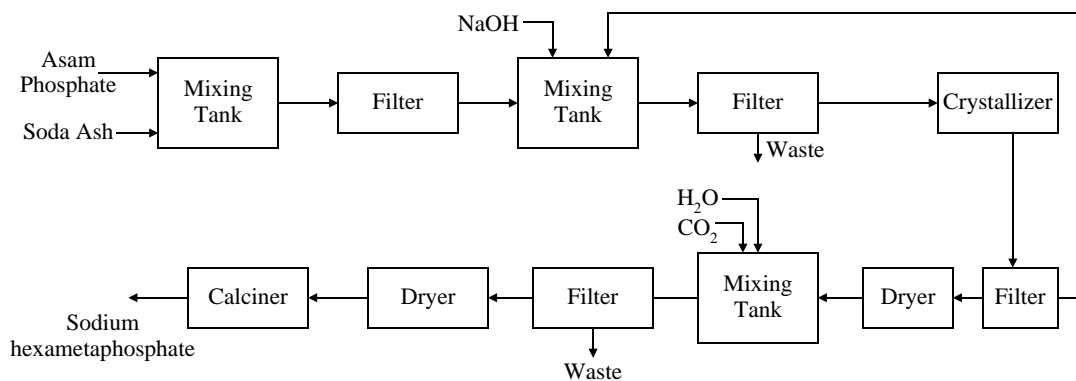
BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1. Macam Proses

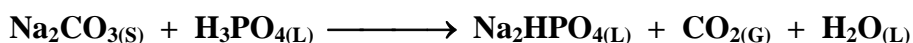
Secara umum pembuatan sodium hexametaphosphate dapat dilakukan dengan cara pemanasan senyawa sodium phosphate. Sodium phosphate dapat dibuat dengan 2 proses, yaitu proses alkali (karbonilasi trisodium phosphate) dan proses Graham's (kalsinasi disodium phosphate). Tri sodium phosphate dan disodium phosphate dapat dibuat dari senyawa sodium carbonate dan asam phosphate.

II.1.1. Proses Alkali



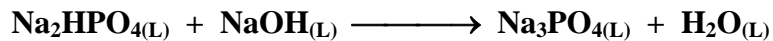
Pada proses ini bahan baku untuk pembuatan sodium hexametaphosphate adalah **tri-sodium phosphate**, dimana tri-sodium phosphate dibuat dengan cara : sodium carbonate berlebih direaksikan dengan asam phosphate (60% - 65%) membentuk disodium phosphate dengan suhu antara 85°C - 100°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Campuran produk reaksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan, sedangkan larutan terpisah kemudian direaksikan dengan NaOH 50% membentuk trisodium phosphate dengan suhu operasi 90°C.

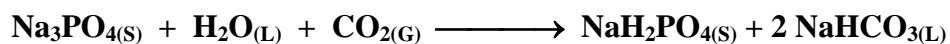
Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Campuran produk reaksi berupa larutan trisodium phosphate kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan, dan larutan terpisah kemudian dikristalisasi pada crystallizer membentuk $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Kristal kemudian difiltrasi untuk memisahkan mother liquor, dimana mother liquor dikembalikan menuju ke mixing tank untuk direaksikan kembali dengan NaOH.

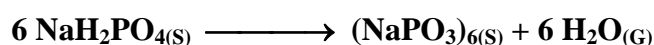
Kristal basah kemudian dikeringkan pada dryer dengan suhu diatas 100°C untuk melepaskan 12 molekul H_2O sehingga terbentuk kristal Na_3PO_4 . kristal Na_3PO_4 kemudian dilarutkan dalam air, dan dikarbonilasi dengan penambahan gas CO_2 sehingga membentuk mono sodium phosphate.

Reaksi yang terjadi : (US.Patent no.4,777,026 : 2)



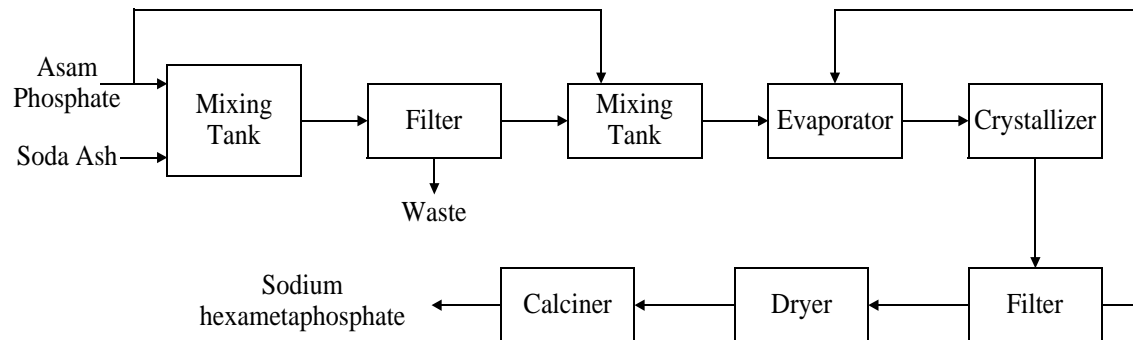
Campuran larutan kemudian difiltrasi untuk memisahkan liquid, sedangkan padatan mono sodium phosphate kemudian dikeringkan pada dryer dengan suhu 350°C - 400°C. Produk mono sodium phosphate kemudian dikalsinasi pada calciner membentuk sodium hexametaphosphate dengan suhu operasi 760°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)



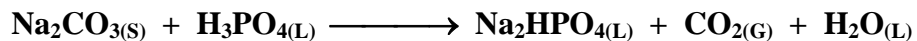
Yields yang didapat dengan proses ini 90% - 95%.

II.1.2. Proses Graham's



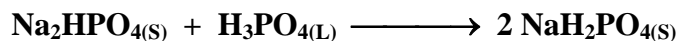
Pada proses ini bahan baku untuk pembuatan sodium hexametaphosphate adalah **di-sodium phosphate**, dimana di-sodium phosphate dibuat dengan cara : sodium carbonate berlebih direaksikan dengan asam phosphate (60% - 65%) membentuk disodium phosphate dengan suhu antara 85°C - 100°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Campuran produk reaksi kemudian difiltrasi untuk memisahkan padatan , sedangkan larutan terpisah ditambahkan asam phosphate sehingga menghasilkan mono sodium phosphate dengan suhu operasi 90°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)

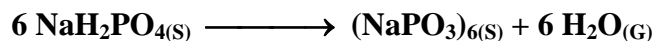


Larutan kemudian dipekatkan sampai 60% pada evaporator dan kemudian dikristalisasi pada pada crystallizer membentuk $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Kristal kemudian difiltrasi untuk memisahkan mother liquor, dimana mother liquor dikembalikan untuk dikristalisasi kembali. Kristal basah kemudian dikeringkan pada dryer

dengan suhu diatas 100°C untuk melepaskan molekul H₂O sehingga terbentuk kristal NaH₂PO₄.

Produk mono sodium phosphate kemudian dikalsinasi pada calciner membentuk sodium hexametaphosphate dengan suhu operasi 760°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)



Yields yang didapat dengan proses ini 90% - 95%.

II.2. Seleksi Proses

Parameter	Macam Proses	
	Alkali	Graham's
Bahan Baku	Na ₂ CO ₃ , H ₃ PO ₄	Na ₂ CO ₃ , H ₃ PO ₄
Bahan pembantu	NaOH	-
Crystallizer	vacuum	atmospheric
Instalasi Peralatan	Kompleks	Sederhana
Yields produk	95%	95%

Dari uraian cara pembuatan sodium hexametaphosphate yang telah dijelaskan di atas, maka proses yang paling efisien adalah pembuatan sodium hexametaphosphate dengan proses Graham's. Keuntungan dari proses ini adalah :

1. Bahan baku tersedia di Indonesia dengan cadangan melimpah.
2. Alat utama lebih sederhana dibandingkan proses lainnya.
3. Alat crystallizer lebih ekonomis dengan tekanan 1 atm.
4. Yields dan kemurnian produk yang diperoleh lebih tinggi.
5. Investasi lebih ekonomis, dengan menggunakan instalasi sederhana.

II.3. Uraian Proses

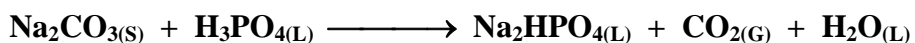
Pada pra rencana pabrik ini, dapat dibagi menjadi 3 Unit pabrik, dengan pembagian unit sebagai berikut :

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Unit Pengendalian Bahan Baku | Kode Unit : 100 |
| 2. Unit Proses | Kode Unit : 200 |
| 3. Unit Pengendalian Produk | Kode Unit : 300 |

Adapun uraian proses pembuatan sodium hexametaphosphate dengan proses Graham's adalah sebagai berikut :

Pertama-tama sodium carbonate 99,7% dari supplier SREE International Indonesia ditampung pada silo F-110. Sodium carbonate kemudian diumpankan ke mixer M-112 untuk proses pelarutan dengan penambahan air proses dari utilitas sampai dengan kadar Na_2CO_3 42% (Keyes : 747). Larutan sodium carbonate kemudian diumpankan ke reaktor-1 R-210 untuk direaksikan dengan asam phosphate 85% dari tangki F-120. Pada reaktor terjadi reaksi antara sodium carbonate dengan asam phosphate membentuk disodium phosphate dengan suhu 85°C . (Keyes : 747)

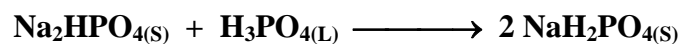
Reaksi yang terjadi : (Keyes : 746)



Produk gas berupa limbah gas kemudian dibuang ke pengolahan limbah gas, sedangkan produk bawah berupa campuran disodium phosphate diumpankan ke filter press H-220 untuk proses pemisahan solid dan liquid. Solid berupa impuritis kemudian dibuang ke pengolahan limbah padat, sedangkan liquid berupa

larutan disodium phosphate diumpankan ke reaktor-2 R-230 untuk direaksikan dengan asam phosphate dari tangki F-120.

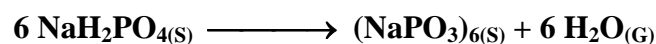
Pada reaktor-2 R-230 terjadi reaksi antara disodium phosphat dengan asam phosphate menjadi mono sodium phosphate dengan suhu operasi 90°C. (Keyes : 747) Reaksi yang terjadi : (Keyes : 748)



Larutan kemudian dipekatkan sampai 60% pada evaporator V-240 dengan tekanan vacuum dan kemudian dikristalisasi pada pada crystallizer S-250 membentuk kristal NaH_2PO_4 . Kristal kemudian difiltrasi pada centrifuge H-260 untuk memisahkan mother liquor, dimana mother liquor dibuang ke pengolahan limbah cair. Kristal basah kemudian dikeringkan pada rotary dryer B-270 dengan suhu 105°C.

Produk mono sodium phosphate kemudian dikalsinasi pada rotary kiln B-280 membentuk sodium hexametaphosphate dengan suhu operasi 760°C.

Reaksi yang terjadi : (Keyes : 747)



Yields yang didapat dengan proses ini 90% - 95%.

Produk sodium hexametaphosphate kemudian didinginkan pada rotary cooler E-290 sampai dengan suhu kamar (32°C) dengan bantuan udara bebas. Produk sodium hexametaphosphate kemudian diumpankan ke ball mill C-294 dengan bucket elevator J-293 untuk dihaluskan sampai 100 mesh. Produk kemudian disaring pada screen H-295, dimana produk oversize direcycle ke ball mill sedangkan produk yang lolos ayak ditampung pada silo F-310.